

## **К определению показателей надежности объектов коммунального хозяйства с различными механизмами возникновения отказов**

*Шимук Д. С., Харьковская национальная академия городского хозяйства*

Ошибки в прогнозировании показателей надежности технических объектов коммунального хозяйства чреваты ошибками при экономической оценке инновационных и инвестиционных решений.

Техническим объектам коммунального хозяйства свойственна одновременность и взаимосвязь протекающих в них разнообразных физико-химических процессов, оказывающих, каждый по-своему, специфическое влияние на надежность функционирования.

При выполнении практических расчетов показателей надежности сложных систем используется закон экспоненциального распределения времени между отказами, времени принятия решения, времени переключения в работе элементов, времени существования скрытого отказа. Причина в том, что именно этому распределению свойственны сходимость независимых потоков отказов к пуассоновскому потоку и простота выполнения аналитических расчетов.

Вместе с тем, экспоненциальный закон, как однопараметрическая функция, является грубой моделью для описания распределения наработок и имеет значительные методические погрешности при прогнозировании значений, поэтому его рекомендуется использовать только для сравнительных оценок показателей надежности [1, 2].

В [1] приведены следующие рекомендации по выбору функций распределения наработки (ресурса) для различных условий функционирования:

- экспоненциальное распределение – для сложных технических систем и электрорадиоизделий, не поддающихся старению и износу;
- DM-распределение (диффузионное монотонное распределение) – для механических систем, деталей машин и устройств, преобладающим механизмом отказов которых являются необратимые процессы износа, усталости и коррозии;
- DN-распределение (диффузионное немонотонное распределение) – для электрорадиоизделий, электронных систем, а также технических систем, содержащих электрорадиоизделия и механические элементы, преобладающим механизмом отказов которых являются процессы старения, разнообразные электропроцессы, а также усталостные процессы;
- логарифмическое нормальное распределение – для случаев, когда преобладающим механизмом отказов являются усталость, обу-

словленная процессами периодических нагрузок (например, подшипники качения);

- распределение Вейбулла – для аппроксимации распределения наработки на отказ тех объектов, условия функционирования которых не отвечают перечисленным выше условиям.

Следует отметить, что аналитические выражения для показателей надежности определены лишь для экспоненциального и DN-распределения. Для остальных распределений такие выражения отсутствуют вследствие того, что эти распределения не обладают свойством свертки. Указанное обстоятельство затрудняет расчет показателей надежности объектов, структурная схема надежности которых содержит различные по преобладающему механизму отказов элементы. Вместе с тем, путем численного решения возможно определение показателей надежности для таких сложных случаев.

Покажем, как определить показатели надежности для нерезервированной системы, состоящей из пяти элементов с разными законами распределения времени работы до отказа. Виды законов распределения и их параметры приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Законы распределения времени наработки до отказа

Номер элемента	1	2	3	4	5
Закон распределения времени до отказа	$W(2;1800)$	$\Gamma(7;300)$	$R(8 \cdot 10^8)$	$\text{Exp}(0,002)$	$TN(2000;90)$

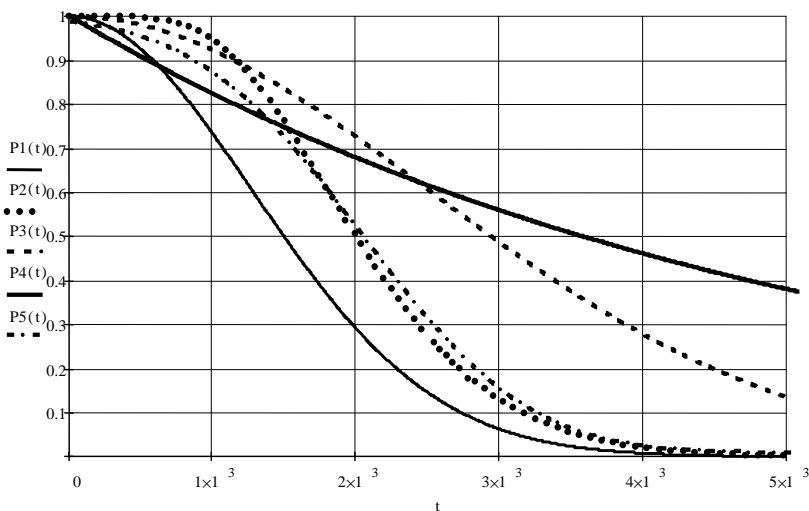
В табл. 1 приняты следующие обозначения законов распределения: W – Вейбулла,  $\Gamma$  – гамма; R – Рэлея; Exp – экспоненциальный; TN – усеченный нормальный. В скобках указаны параметры распределений.

По результатам расчетов с использованием Microsoft Excel получены значения математических ожиданий и среднеквадратических отклонений времени работы до отказа элементов (табл. 2).

Таблица 2 – Параметры законов распределения времени наработки до отказа элементов

Номер элемента	1	2	3	4	5
Среднее время безотказной работы, час	1595	2100	3133	5000	2029
Среднеквадратическое отклонение времени безотказной работы, час	834	794	1638	5000	931

Результаты численного расчета вероятностей безотказной работы показаны на рисунке.



Вероятности безотказной работы элементов системы

Вероятность безотказной работы системы в целом определяется произведением вероятностей безотказной работы ее элементов

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^5 P_i(t),$$

а среднее время безотказной работы системы  $T_c$  на основе численного интегрирования выражения

$$T_c = \int_0^{\infty} P_c(t) d\tau.$$

Расчеты показывают, что  $T_c$  равно 960 час.

Наличие массива данных расчета позволяет определить и остальные как интегральные, так и зависящие от времени показатели надежности.

*Выводы.*

1. Применение только экспоненциального распределения наработки на отказ приводит к значительным методическим погрешностям при расчете показателей надежности объектов с различными по характеру механизмами возникновения отказов.

2. Для различных механизмов возникновения отказов в элементах и узлах объектов коммунального хозяйства необходимо использовать различные законы распределения временных параметров надежности.

3. Применение численных методов обеспечивает решение задачи определения показателей надежности технических объектов коммунального хозяйства с учетом различных распределений наработки на отказ.

1. ДСТУ 2862-94. Державний стандарт України. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги. Чинний від 1996-01-01.

2. Половко А.М. Основы теории надежности / А.М. Половко, С.В. Гуров. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 706 с.